Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. S. Weller

ENTSTEHUNG UND BEHANDLUNG DER OBERARMSCHAFTPSEUDARTHROSE

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von

CLAUDIA KRUCK
aus Rollshausen

1981

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. S. Weller

ENTSTEHUNG UND BEHANDLUNG DER OBERARMSCHAFTPSEUDARTHROSE

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von

CLAUDIA KRUCK
aus Rollshausen

1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. G. Rassner

Berichterstatter: Professor Dr. S. Weller

---

gedruckt bei Fa. H.- J. Köhler, Reprografischer Betrieb, Tübingen, V.d. Kreuzberg

Meiner Mutter in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Begriff und Einteilung der Pseudarthrosen	3
III.	Ursachen der Pseudarthrosenentstehung	6
IV.	Behandlungsmethoden der Pseudarthrosen	1o
V.	Vorbehandlung, Operationsverfahren und Nachbehandlung in unserer Klinik	15
VI.	Befunde und Ergebnisse	17
VII.	Diskussion	42
VIII.	Zusammenfassung	48
	Literaturverzeichnis	5o

I. Einleitung

Die Fraktur des Oberarmschaftes macht nach Angaben in der Literatur etwa 1 % aller Frakturlokalisationen aus.

Über den Behandlungsmodus herrscht heute im wesentlichen Einigkeit, d.h. als Methode der Wahl wird die konservative Behandlung angesehen. Dennoch ist in manchen Fällen die operative Versorgung angezeigt, einmal beim Versagen der konservativen Therapie, zum anderen aber auch als primär operativer Eingriff unter exakter Indikationsstellung.

Sowohl nach konservativ als auch operativ behandelten Oberarmschaftbrüchen findet sich jedoch immer noch eine beträchtliche Anzahl von verzögerten Frakturheilungen und Pseudarthrosen.
Die Angaben über das Auftreten von Pseudarthrosen nach Oberarmfrakturen schwanken in der Literatur zwischen o,6 und 7,4 Prozent (BÄTZNER, 1949; OSTAPOWICZ, 1962; RUEFF et al., 1972; MUHR et al., 1973).

Während die fehlende knöcherne Überbrückung einer Fraktur nach konservativer oder operativer Behandlung möglichst frühzeitig erkannt und bereits im Stadium der verzögerten Bruchheilung Anlaß zur Osteosynthese bzw. Reintervention sein sollte, muß die Pseudarthrose immer operativ zur Ausheilung gebracht werden.

Aus der fast unübersehbaren Zahl von operativen Behandlungsmethoden hat sich in neuerer Zeit besonders die Druckplattenosteosynthese als geeignetes Verfahren zur Pseudarthrosentherapie erwiesen (SCHRAMM, 197o; WELLER, 1967; CECH et al., 1967; HENKERT et al., 197o; PAUL, 1973; HUBER, 1974).

Aufgabe dieser Arbeit soll es sein, ein größeres Kollektiv gleichartig operierter Pseudarthrosen anamnestisch und katamnestisch zu verfolgen und dabei die Leistungsfähigkeit der übungsstabilen Osteosynthese durch AO-Platten mit und ohne Spongiosaanlagerung zu überprüfen.

II. Begriff und Einteilung der Pseudarthrosen

Als Pseudarthrose wird heute nicht nur das voll ausgebildete Falschgelenk nach Fraktur mit Abdeckelung der Markhöhle, knorpeligem Überzug, Gelenkkapsel und Bildung von Synovialflüssigkeit bezeichnet, sondern jeder innerhalb von 8 Monaten nicht geheilter Knochenbruch (MÜLLER, M.E. et al, 1977).
Es handelt sich um einen Endzustand, bei dem die Wiederherstellungsvorgänge am Knochen abgeschlossen oder erlahmt sind (MAGNUS, 1937; BLOCK, 194o; KÜNTSCHER, 1957; OSTAPOWICZ, 1962). Funktionell drückt sie nach PAUWELS ein Mißverhältnis zwischen der Belastbarkeit des Knochens und seiner Fähigkeit zur Kallusbildung aus.

Zum klinischen Bild der Pseudarthrose gehört neben der meist schmerzhaften pathologischen Beweglichkeit im ehemaligen Frakturbereich in vielen Fällen eine Bewegungseinschränkung benachbarter Gelenke aufgrund einer vorausgegangenen Ruhigstellung oder Schonhaltung mit Atrophie der zugehörigen Weichteile, insbesondere der Muskulatur (HENKERT, et al., 197o; WITT, 1952; HUBERT, 1974).
Röntgenologische Zeichen sind die Abdeckelung der Markhöhle, eine Knochenreaktion mit mehr oder weniger aufgetriebenen Fragmentenden, die sklerosiert aussehen sowie das Ausbleiben der Verbindung des periostalen Kallus (BLOCK, 194o; ZENKER, 1947; WITT, 1952;ENDER, 1954; J. REHN, 1968; MÜLLER, M.E. et al., 1977).

Eine Einteilung der Pseudarthrosen kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. So lassen sich pathologisch-anatomisch u.a. 3 Formen von Falschgelenken unterscheiden. Die straffe fibröse Pseudarthrose, die schlaffe fibröse Pseudarthrose und die Defektpseudarthrose (MAATZ, 1951; WITT, 1952; LEXER, 1957; J. REHN, 1968).

Bei der straffen fibrösen Form ist der Bruchspalt nur sehr schmal und wird von einem derben Bindegewebe überbrückt. Hierdurch sind nur geringe Verschiebungen der Fragmente möglich. Das ausreichend vaskularisierte Bindegewebe besitzt noch eine gute osteogenetische Potenz und kann bei absoluter Ruhigstellung durch chondrale oder desmale Ossifikation verknöchern (LEITZ, 1968; J. REHN, 1968; SCHRAMM, 197o; MÜLLER, M.E. et al., 1977).
Klinisch sind kaum Wackelbewegungen möglich. Die Pseudarthrose ist oft schmerzlos. Die Funktion ist hier bei wenig belasteten Gliedmaßen häufig ausreichend.
Die schlaffe fibröse Pseudarthrose hingegen besitzt diese Regenerationsfähigkeit der Knochenenden nicht mehr. Klinisch findet sich aufgrund von gelenkähnlichen Veränderungen am verbreiterten Frakturspalt eine ausgeprägte pathologische Beweglichkeit mit schwerer Funktionsstörung.
Bei der Defektpseudarthrose zeigt sich röntgenologisch eine Dehiszenz der Fragmentenden als Folge von sequestrierenden Osteomyelitiden, Tumorresektionen oder traumatischem Gewebsverlust (JÄGER, 1972; WEBER u. CECH, 1973). Der knöcherne Defekt kann von Narbengewebe oder interponiertem Gewebe ausgefüllt sein. Klinisch ist oft eine starke Deformierung der betroffenen Extremität zu sehen.

Von WEBER und CECH (1973) werden die diaphysären und epi-metaphysären Schaftpseudarthrosen in biologisch reaktionsfähige und reaktionsunfähige Typen unterteilt. Den vitalen Formen werden hierbei die hyperämische, kallusreiche Elefantenfuß-Pseudarthrose, die leicht hypertrophische und kallusarme Pferdefuß-Pseudarthrose sowie die ausreichend durchblutete, aber kalluslose oligotrophische Pseudarthrose zugeordnet. Zu den avitalen anämischen Formen zählen die Drehkeil-Pseudarthrose mit

Teil- oder Totalnekrose, die Trümmerzonen-Pseudarthrose und ferner die Defekt- und Infektpseudarthrose.

Eine auf R. JUDET et al. (1958) zurückgehende Einteilung unterscheidet zwischen hypervaskuläre, hypertrophische Pseudarthrosen und avaskuläre Pseudarthrosen, zu denen atrophische und Defektpseudarthrosen gerechnet werden.

MÜLLER, M.E. et al. (1977) legen die Infektionslage zugrunde und differenzieren zwischen nicht infizierte, früher infizierte und infizierte Pseudarthrosen.

Die Einteilung von Pseudarthrosen ist von praktischer Wichtigkeit, da mit der Zuordnung der therapeutische Weg beeinflußt und entschieden wird, ob die Schaffung von Stabilität alleinige therapeutische Maßnahme bleibt oder zusätzlich zur Stabilisierung die Anlagerung osteogenetischer Potenz erforderlich ist (WELLER, 1967; BECK, 1973; HARMS u. ARENS, 1973; MAYER, G., 1977; WEBER, U. 1978).

III. Ursachen der Pseudarthrosenentstehung

Über die Ätiologie der Pseudarthrosen gibt es eine umfangreiche Literatur und eine Fülle von Hypothesen (ZENKER, 1947; SCHINK, 1969; SCHRAMM, 197o; RADLOFF u. GROHER, 1972).
Klammert man die infizierten Pseudarthrosen aus, so wird jedoch von fast allen Autoren als Hauptgrund für die Entwicklung einer Falschgelenkbildung die mechanische Unruhe angeführt (MAATZ, 1951; WITT, 1952; BÜRKLE DE LA CAMP, 1958; BIALECKI, 1962; OSTAPOWICZ, 1962; BÖHLER, 1968). Sie führt zu einer Beeinträchtigung der Zirkulation in den Blutkapillaren und behindert das Vordringen der knochenbildenden Elemente. Histopathologisch findet sich an den knochenbildenden Zellen im Frakturbereich eine Verschiebung von der osteoplastischen zur osteoklastischen Aktivität, die sich dann in der Abnahme des osteoiden Gewebes und in der vermehrten Bildung von Faser- oder Knorpelgewebe manifestiert (MÜLLER, J. et al., 1968; SCHENK et al., 1968; SCHINK, 1969).
Ein mechanischer Differenzierungsvorgang wird von KROMPECHER (1937), CHARNLEY (1953) und PAUWELS (196o) vertreten. Sie stellten fest, daß im Frakturbereich unter Druck Knorpelgewebe und unter Zug Bindegewebe entsteht. Nach BASSETT gilt für embryonale Osteoblasten, daß Zug und Sauerstoff faseriges Bindegewebe ergeben, Druck ohne Sauerstoff Knorpel ergibt und Druck und Sauerstoff zur Bildung von Knochen führen. Knorpel bildet für die Osteoblasten der Haversschen Systeme eine unüberwindbare Barriere. Die weitere Konsolidierung erfolgt durch chondrale oder desmale Ossifikation und auf dem Umweg über periossären Kallus. Unterbleibt die weitere Konsolidierung, so kommt es zur Ausbildung einer Pseudarthrose (GENEWEIN et al., 1968).

Nach KÜNTSCHER ist in 9o % der Fälle mechanische Unruhe im Bruchspalt die Ursache für die ausbleibende knöcherne Heilung. Er fordert für die Dauer der Kallusentwicklung eine absolute Ruhigstellung der Bruchstücke, da sich die Knochenzelle nur in völliger mechanischer Ruhe entwickeln könne und durch jegliche mechanische Kraft zerstört würde.

Pseudarthrosen können sich sowohl nach konservativer als auch nach operativer Frakturbehandlung entwickeln. Bei konservativem Vorgehen sind es hauptsächlich die unterlassene, ungenügende oder häufig wiederholte Reposition der Fraktur, die mangelhafte und zu kurzfristige Ruhigstellung, die mit zu großem Gewichtszug durchgeführte Extensionsbehandlung (Hyperextension) und die zu lang andauernde Brucheinstellungsbehandlung, die für die verzögerte Heilung bzw. für die Ausbildung einer Pseudarthrose verantwortlich zu machen sind (BÜRKLE DE LA CAMP, 1958; MATZEN, 1961; BÜHLER, 1963; RADLOFF und GROHER, 1971; REHN, 1972). Die Pseudarthrosenrate nach konservativer Behandlung wird in der Literatur mit o,5 % angegeben (ZEILER, 1977).
Bei operativer Behandlung sind die Ursachen der ausbleibenden knöchernen Konsolidierung in der Mehrzahl der Fälle die fehlerhafte Indikationsstellung, technische Fehler bei der Osteosynthesedurchführung sowie die Auswahl ungeeigneter Operationsverfahren
(REHN, J., 1972; SCHAUWECKER, 1972; WELLER, 1967).
Als Indikation für ein operatives Vorgehen gelten heute die nicht reponierbare Fraktur, die offene Fraktur mit Weichteilverletzung, die Gefäß- und Nervenverletzung sowie multipel traumatisierte Patienten. (SPÄNGLER, 1962; TUNCAY, 1967). Zur Frakturbehandlung ungeeignet sind Minimalosteosynthesen mit Rush-Pins, Drahtcerclagen, zu dünnen

Marknägeln und zu klein dimensionierten Platten (REHN, J. 1972; BECK, 1973; HENKERT und MAESS, 1973; HUBER, 1974; PAUL, 1973; RUEFF et al., 1972; VOORHOEVE und STERNEMANN, 1973). Mit diesen Verfahren wird weder eine ausreichende Rotationsstabilität noch eine postoperative Übungsstabilität erreicht. Sie führen lediglich zur Ruhestabilität.
Die Pseudarthrosenrate nach operativer Behandlung beträgt laut Literaturangaben 3 bis 7 % (ZEILER, 1977).

Neben der fehlerhaften Frakturbehandlung wird den ungünstigen Durchblutungsverhältnissen am Oberarmschaft ebenfalls eine gewisse Bedeutung für die Pseudarthrosenentstehung zugesprochen (LEXER, 1936; VERBEEK, 1961; BÖHLER, 1964). Hingegen mißt BETZEL (1965) diesem Faktor nur dann ursächliche Bedeutung bei, falls gleichzeitig schwere Gefäßverletzungen und Weichteilverletzungen im Bruchgebiet vorliegen.
Auch andere örtliche Faktoren sollen, wenn auch selten, bei der Entstehung von Pseudarthrosen eine Rolle spielen. So werden besondere Begebenheiten an der Bruchstelle wie Weichteilinterposition, Bruchart, Infektion bei offenen Brüchen, Abfließen des Bruchhämatoms und Verletzungen des Nervensystems in Erwägung gezogen (WITT, 1952; VERBEEK, 1961; BÖHLER, 1964; HUBER, 1974).
Daneben scheint den allgemeinen Faktoren wie einseitige Ernährung, Störungen im Hormon-, Vitamin- oder Mineralstoffwechsel, Veranlagung, Lues, Tbc etc. keine grundlegende Bedeutung zuzukommen, sondern allenfalls ein pseudarthrosebegünstigender Einfluß.

Aus all dem folgt, daß die Ursachen für das Auftreten von Pseudarthrosen in erster Linie auf eine fehlerhafte Erstbehandlung der Fraktur zurückgeführt werden können (VERBEEK u. DUBBELMANN, 1961; BÖHLER, L. u. J., 1963;

BÜRKLE DE LA CAMP, 1958; GENEWEIN et al., 1968; HARMS u. ARENS, 1973; VOORHOEVE et al., 1973). Die Pseudarthrose ist demnach zum größten Teil eine vermeidbare Behandlungsfolge und nicht etwa eine unabwendbare Unfallfolge (KOCH et al., 1968; KÜNTSCHER, 1956; VERBEEK u. DUBBELMANN, 1961).

IV. Behandlungsmethoden der Pseudarthrosen

Seit der Entwicklung operativer Verfahren ist es möglich geworden, eine voll ausgebildete Pseudarthrose, die früher einen Endzustand darstellte, erfolgreich zu behandeln.
Hinsichtlich der Behandlungsverfahren bei Pseudarthrosen im allgemeinen und Oberarmpseudarthrosen im speziellen, gibt es in der Literatur eine nahezu unübersehbare Anzahl von Therapievorschlägen. In den letzten Jahren haben sich jedoch bestimmte, auf neue biomechanische und osteobiologische Erkenntnisse beruhende Prinzipien herauskristallisiert, welche die Vielfalt der Operationsmethoden einengen (VERBEEK u. DUBBELMANN, 1961; BOYD, 1961; WITT, 1963; WELLER, 1967; COTTA, 1968; RADLOFF u. GROHER, 1971).

Geht man davon aus, daß die Behandlung der Pseudarthrosen zum einen eine absolute Ruhigstellung im Interfragmentärbereich bezweckt und zum anderen die Anregung der knochenbildenden Zellen erreicht werden soll, so stehen bei jeder Operationsplanung zwei Faktoren im Mittelpunkt: Die mechanisch/technischen und die biologischen Faktoren.

Die in der Pseudarthrosentherapie erforderliche mechanische Stabilität wird heute vor allem durch zwei Osteosyntheseverfahren erreicht. Die Markraumnagelung nach KÜNTSCHER und die Druckplattenosteosynthese der Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO). Mit beiden Verfahren werden, bei richtiger Indikationsstellung und einwandfreier Technik, ausgezeichnete Resultate erzielt. Infolge ihrer sicheren Stabilität kann eine relativ frühe funktionelle Nachbehandlung durchgeführt werden. Das bedeutet eine knöcherne Konsolidierung ohne den schwerwiegenden Nachteil iatrogener Weichteil- und Gelenkschäden

(REHN, 1972; VOORHOEVE u. STERNEMANN, 1972; RADLOFF u. GROHER, 1971; BECK, 1973; HENKERT u. MAESS, 1973; HUBER, 1974; WELLER, 1967; KÜNTSCHER, 1954).

Die zweite Methode zur Behandlung von Pseudarthrosen ist als biologische Lösung anzusehen und beinhaltet die Neuentfachung der osteogenetischen Potenz im Pseudarthrosengebiet (CECH et al., 1967; AXHAUSEN, 1969; SCHRAMM, 197o; RADLOFF u. GROHER, 1971; REHN, 1972).
Die früher häufig angewandten Verfahren wie die Kirschner'sche Aufsplitterung, die Brandes'sche Längsaufsägung, die Trepanbohrung nach Felsenreich oder die Beck'sche und Dieffenbach'sche Bohrung zielten darauf hin, die Osteogenese durch Fragmentzertrümmerung anzuregen (OSTAPOWICZ, 1962; MATZEN, 1967).
Heute kommen zunehmend autologe, homologe oder heterologe Knochentransplantate zur Anwendung, wobei die größte osteogenetische Potenz dem autologen Transplantat zugeschrieben wird (AXHAUSEN, 1969; SCHWEIBERER, 197o; SCHRAMM, 197o; KUNER et al., 1972; BURRI et al., 1974). Der Eigenspan beteiligt sich mit seinen Osteoblasten direkt und mit der Interzellularsubstanz induktiv am Aufbau des neuen Knochens. Das homologe Transplantat hingegen wirkt nur über die induktiven Kräfte. Da diese erst nach 28 - 3o Tagen einsetzen, die homologen Osteoblasten dabei jedoch nach 8 - 16 Tagen absterben, kommt die wichtige direkte zellspezifische Phase bei dieser Transplantation nicht zum Tragen (SCHWEIBERER, 197o). Das frische heterologe Transplantat ist wegen der starken allergischen Reaktion absolut unbrauchbar (BURRI, 1974).
Untersuchungen von W. AXHAUSEN über die histozellulären Reaktionen bei der Übertragung homologer und heterologer Knochentransplantate haben gezeigt, daß die Ausschaltung immunologischer Vorgänge durch entsprechende Vorbehandlung des Transplantates (Tiefkühlung oder Cialitkon-

servierung homologer Späne, Mazeration heterologer Späne) der Knochen gleichzeitig ganz oder teilweise seine osteogenetische Potenz verliert (AXHAUSEN, 1962; FRIEDEBOLD et al., 1963; SCHWEIBERER, 1971; BURRI, 1974; U. WEBER et al., 1978).

In Abhängigkeit vom Entnahmeort im Knochen unterscheidet man zwischen kompakte, periostgedeckte kompakte und spongiöse Transplantate.
In der Annahme, daß dem transplantierten Knochen neben seiner osteogenetischen regenerationsfördernden Fähigkeit bei entsprechender Anlagerung auch eine schienende und stützende Funktion zukommt, wurde zunächst die Transplantation von Kortikalisspänen aus Schienbein, Rippen, Becken und Wadenbein bevorzugt. Der Lexerspan, ein massiver Kompaktspan, der zimmermannsmäßig in den Knochen eingelagert wird, kam lange Zeit zur Anwendung. Auch mit dem Phemisterspan, der aus dünner, aufgerauhter Kortikalis besteht und in eine subperiostale Tasche eingelegt wird, wurden gute klinische Ergebnisse erzielt (WITT, 1962; ESSER, 1967).
Seit den Untersuchungen MATTIS und dem Zeitalter der übungsstabilen Osteosynthese steht die Spongiosatransplantation im Vordergrund. Dem spongiösen Knochentransplantat wird heute die weitaus größte knochenbildende Wirkung zugesprochen (STRINGA, 1957; CECH et al., 1967; SCHRAMM, 197o; SCHWEIBERER, 197o; BURRI et al., 1971). So soll die aufgelockerte Struktur der Spongiosa eine rasche Gefäßeinsprossung und dadurch einen schnelleren Um- und Einbau möglich machen, zumal eine besonders große Zahl von Knochenzellen mit der Spongiosa transplantiert wird (WEBER, U., 1978). Die autologe Spongiosaplastik gilt deshalb als das optimale Verfahren zur Verbesserung verzögerter oder zur Anregung ausgebliebener Knochenbruchheilung. Der Spongiosa kommt allerdings keine

Haltefunktion zu. Außerdem sind die biologischen Fähigkeiten an die vollständige Ausschaltung von Bewegungen im Frakturbereich und im Transplantat selbst gebunden. Instabile Verhältnisse im Transplantatlager führen zur Auflösung oder einer bindegewebigen Umwandlung der Spongiosa (REHN, 1924; LEXER, 1931).

Mit der Zuordnung der Pseudarthrose wird entschieden, ob die Schaffung von Stabilität alleinige therapeutische Maßnahme bleibt oder zusätzlich zur Stabilisierung die Anlagerung osteogenetischer Potenz erforderlich ist. Handelt es sich um eine hypertrophe, reaktive, vitale Pseudarthrose, so kann eine stabile Osteosynthese mit einem Marknagel oder einer Kompressionsplatte meist innerhalb weniger Wochen zu einer Ausheilung führen. Eine Anfrischung und eine Spananlagerung erübrigen sich (MÜLLER, M.E. et al., 1977).
Eine atrophische, reaktionslose Pseudarthrose benötigt dagegen zur raschen Heilung neben einer stabilen Osteosynthese eine ausgedehnte Dekortikation und eine autologe Spongiosaplastik.

Liegt eine Infektpseudarthrose vor, so kommen die Regeln der Behandlung infizierter Frakturen zur Anwendung. Für das therapeutische Vorgehen ist eine Unterteilung in stabil versorgte, noch nicht versorgte und instabil fixierte Pseudarthrosen bedeutsam (WELLER, 1967). Ruhigstellung und Kompression unter Verwendung äußerer Spann- und Kompressionsvorrichtungen schaffen die Voraussetzung für den knöchernen Durchbau und damit für die Sanierung des Infektes.
Liegt ein florider Infekt bei noch ausreichend stabilen Verhältnissen vor, so beschränkt sich die Therapie auf die Entfernung der Hauptsequester, eine ausgedehnte Spongiosaplastik und eine Dekortikation.

Das Osteosynthesematerial wird bis zum knöchernen Durchbau belassen (AXHAUSEN,1969; BURRI et al., 1971; REHN, 1972; MÜLLER, M.E. et al., 1977). Zur Sanierung der Infektion kommen Spül-Saug-Drainagen unter gezielter antibiotischer Abschirmung zur Anwendung.
Im Falle einer infizierten Pseudarthrose, bei der noch keine Versorgung erfolgt ist, werden als stabilisierende Maßnahmen die Ruhigstellung im Gipsverband oder transfixierende Maßnahmen empfohlen (WELLER, 1967; BURRI et al., 1971). Bei sehr ausgeprägten Weichteildefekten kommt am Oberarm das Distraktionsgerät nach Wagner in Frage, welches eine Modifikation der Schanz'schen Schraube darstellt (BURRI, 1974). Erst nach einem längeren Zeitintervall nach Abheilen der Infektion soll hier eine Druckplattenosteosynthese vorgenommen werden (JÄGER, 1972; WELLER, 1967).
Bei Instabilität der Osteosynthese wird das Osteosynthesematerial entfernt, die nekrotischen Gewebeanteile bis ins Gesunde exzidiert und die Fragmente mit einer erneuten Osteosynthese stabilisiert.

V. Vorbehandlung, Operationsverfahren und Nachbehandlung in unserer Klinik

Bei vielen Patienten war es erforderlich, vor dem operativen Eingriff eine gezielte krankengymnastische und beschäftigungstherapeutische Übungsbehandlung durchzuführen, um Gelenkversteifungen zu lösen, die Muskulatur zu kräftigen und gleichzeitig die Durchblutungsverhältnisse am Knochen zu verbessern.

Zur operativen Behandlung der Pseudarthrosen führten wir in allen Fällen eine stabile Osteosynthese nach den Prinzipien und der Methode der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese durch.
Die Lagerung der Patienten war abhängig von der Lokalisation der Pseudarthrose. Auch der operative Zugang richtete sich nach der Pseudarthrosenlokalisation. Pseudarthrosen im mittleren und distalen Humerusdrittel wurden von einer geraden dorsalen Inzision dargestellt, Pseudarthrosen im proximalen Drittel von einem anterolateralen Zugang am Vorderrand des M. deltoideus aus. Der Knochen wurde in seiner halben Circumferenz freigelegt und der Nervus radialis in jedem Fall identifiziert, wobei er zwar gut mobilisiert, jedoch nicht von Begleitgefäßen und Bindegewebe isoliert wurde.
Anschließend erfolgte die achsengerechte Stabilisierung der Pseudarthrose mittels einer breiten, ausreichend langen AO-Platte. Die Pseudarthrose wurde mit Hilfe eines Plattenspanngerätes unter Druck gebracht. Gegebenenfalls wurde Spongiosa angelagert. Wenn keine starken Dislokationen bestanden, wurden die Pseudarthrosen nicht eröffnet. Ebenso wurde vermieden, die Schrauben durch das eigentliche Pseudarthrosengebiet zu führen. Sowohl im proximalen als auch im distalen Fragment wurde die Platte immer durch mindestens je drei Schrauben, entsprechend je

sechs Cortikales, befestigt.
Für den Fall einer Anlagerung von Spongiosa wurde im Anschluß an die Operation ein Oberarmgipsschienenverband angelegt.

Postoperativ wurde sofort mit selbsttätigen Übungen unter krankengymnastischer Anleitung begonnen mit dem Ziel, gute Heilungsvoraussetzungen für den Knochen zu schaffen, Atrophien zu vermeiden und ischaemischen Schäden vorzubeugen.
Nach Abschluß der Wundheilung und Entfernung der Hautfäden erfolgte eine individuelle weitere Übungsbehandlung, unterstützt von Bewegungsbädern, bis zur zufriedenstellenden Funktion der Extremität.

VI. Befunde und Ergebnisse

Es wird über 83 Patienten berichtet, die in der Zeit von Februar 197o bis September 1977 wegen verzögerter Callusbildung oder Pseudarthrose nach Oberarmschaftfraktur in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen behandelt wurden. Dabei handelt es sich, mit einer Ausnahme, um Patienten, deren Erstversorgung in anderen Kliniken erfolgte.

Das Alter der 26 (31,3 %) weiblichen und 57 (68,7 %) männlichen Patienten betrug zur Unfallzeit durchschnittlich 39,2 Jahre. Der jüngste Patient war 12 Jahre, der älteste 74 Jahre alt.

Tab. 1: Altersverteilung

1o - 2o Jahre	6 (7,3 %)
21 - 3o Jahre	21 (25,3 %)
31 - 4o Jahre	16 (19,3 %)
41 - 5o Jahre	2o (24,1 %)
51 - 6o Jahre	11 (13,3 %)
61 - 7o Jahre	7 (8,4 %)
71 - 8o Jahre	2 (2,4 %)
Summe	83

Die meisten Pseudarthrosen (25,3 %) traten in der Altersgruppe zwischen 2o und 3o Jahren auf, allerdings dicht gefolgt von der Altersgruppe zwischen 4o und 5o Jahren (24,1 %).

Die Unfallursachen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tab. 2: Unfallursachen

Verkehrsunfälle	25 (3o,1 %)
Gelegenheitsunfälle (im Haus und auf der Straße	14 (16,9 %)
Sportunfälle	7 (8,4 %)
Arbeitsunfälle	36 (43,4 %)
Schußbruch	1 (1,2 %)
Summe	83

Insgesamt handelte es sich um 25 Verkehrsunfälle (3o,1 %), 14 Gelegenheitsunfälle (16,9 %), 7 Sportunfälle (8,4 %), 36 Unfälle am Arbeitsplatz (43,4 %) und 1 Schußbruch (1,2 %).
Von den 25 Verkehrsunfällen ereigneten sich 11 auf dem Wege zur bzw. von der Arbeitsstelle. Bei 36 Patienten waren die zuständigen Krankenkassen die Träger des abschließenden Heilverfahrens.

42 mal (5o,6 %) war der recshte, 41 mal (49,4 %) der linke Arm betroffen. Primär hatte es sich in 68 Fällen (81,9 %) um eine offene Fraktur und 15 mal (18,1 %) um eine geschlossene Fraktur gehandelt.

Die Lokalisation der Frakturen ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 3: Frakturlokalisation

Proximales Drittel	5 (6,1 %)
Übergang vom prox. zum mittl. Drittel	3 (3,6 %)
Mittleres Drittel	46 (55,4 %)
Übergang vom mittl. zum dist. Drittel	21 (25,3 %)
Distales Drittel	8 (9,6 %)
Summe	83

Die meisten Pseudarthrose bildeten sich nach Oberarmschaftfrakturen im mittleren Drittel (55,4 %).

Die häufigsten Bruchformen waren Querfrakturen, kurze Schrägfarakturen oder Brüche mit kleinem Biegungskeil. Insgesamt fanden sich 59 Frakturen (71,1 %) mit kurzem Bruchlinienverlauf.
24 Frakturen (28,9 %) dagegen waren lange Schräg- und Torsionsfrakturen, Mehrfragmentfrakturen, Frakturen mit großem Biegungskeil oder Stückfrakturen.

Tab. 4: Frakturart

Querfraktur kurze Schrägfraktur kleiner Biegungskeil	59 (71,1 %)
lange Schräg- und Torsionsfraktur Mehrfragmentfraktur langer Biegungskeil Stückfraktur	24 (28,9 %)
Summe	83

Bei 44 Patienten (53,1 %) bestand eine isolierte Oberarmfraktur. Primäre Nebenverletzungen wurden in 39 Fällen (46,9 %) gefunden. Dabei handelte es sich 9 mal um eine knöcherne Begleitverletzung der gleichen Extremität. Weichteilverletzungen an der gleichen Extremität wurden 3 mal und andere, nicht am gleichen Arm gelegene Frakturen, 13 mal festgestellt.
Bei 14 Patienten trat als Nebenverletzung eine Nervenläsion auf.

Tab. 5: Primäre Nebenverletzungen

Knöcherne Begleitverletzungen d. gleichen Extremität	9 (23,1 %)
Weichteilverletzung d. gleichen Extremität	3 (7,7 %)
Weitere, nicht am gleichen Arm gelegene Frakturen	13 (33,4 %)
Nervenläsionen	14 (35,9 %)
Summe	39

Bei den 14 Nervenläsionen handelte es sich in 4 Fällen um eine Plexussschädigung und 9 mal um eine Radialisparese. In einem Fall war es zu einer Medianusschädigung gekommen. Nur bei 5 Patienten hatte sich die Parese bis BG-Aufnahme zurückgebildet. In 4 Fällen kam es im Anschluß der Pseudarthrosebehandlung zur vollständigen Restitution der Parese. Bei den 5 restlichen Patienten hatte sich die Lähmung bis zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung noch nicht zurückgebildet.

Die Primärversorgung der Frakturen erfolgte, bis auf eine Ausnahme, ausschließlich in anderen Kliniken. Dabei kamen folgende Methoden zur Anwendung:

Tab. 6: Methoden der Primärversorgung

Behandlung	Methode	Zahl d. Fälle
konservativ	Thoraxabduktionsgips oder Hängegips	2o
	Passagere Extension und Gips	12
	Desault	2
	insgesamt	34 (4o,9%)
operativ	Rush-pin und Gips	4
	Rush-pin, Cerclagen und Gips	3
	Küntschernagel	11
	Küntschernagel und Cerclagen	2
	Küntschernagel und Platte	1
	Hackethalnagel	2
	AO-Platten	26
	insgesamt	49 (59,1%)

34 (4o,9 %) von den 83 Pseudarthrosen entstanden nach primär konservativer Versorgung einer Fraktur.
Unter diesen fanden sich 22 Frakturen mit kurzem Bruchlinienverlauf, also einer für konservative Behandlung bekannt ungünstigen Form.
Unter den 49 (59,1 %) primären Osteosynthesen waren 14 Marknagelungen und 7 Versorgungen mit Rush-pin, davon 3 in Verbindung mit Cerclagen. Die Hackethalnagelung kam in

2 Fällen zur Anwendung. Bei 26 Patienten erfolgte die Primärversorgung durch eine Plattenosteosynthese, davon 13 mal mittels einer schmalen 6-Loch-Platte.
In 5 Fällen von Marknagelung wurde zur zusätzlichen Stabilisierung ein Thoraxabduktionsgipsverband angelegt.

Bei 19 (38,8 %) der 49 primär mit Osteosynthese versorgten Patienten kam es zu einer postoperativen Komplikation in Form einer Parese oder Fistelbildung. Die Art der Komplikation in Beziehung zum Operationsverfahren ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 7: Postoperative Komplikationen

Erstbehandlung	n	Paresen	Fisteln	n
Küntschernagelung	14	5	1	6
Verplattung	26	7	3	1o
Rush-pin	7	2	-	2
Hackethalnagelung	2	1	-	1
Summe	49	15	4	19

In 15 Fällen (3o,6 %) war die Primäroperation durch eine nachfolgende Nervenschädigung kompliziert, 4 mal (8,2 %) kam es zu einer Fistelbildung.
Unter den Nervenläsionen fanden sich 14 Radialisparesen, die nach 5 von 14 Marknagelungen, 6 von 26 Verplattungen, 2 von 7 Versorgungen mit Rush-pin und 1 von 2 Hackethalnagelungen aufgetreten waren. In einem Fall kam es nach Plattenosteosynthese zu einer kompletten Lähmung des Nervus medianus, -radialis und -ulnaris.

Bei einer Gegenüberstellung von Frakturlokalisation und postoperativen Paresen zeigte sich, daß der Bereich des mittleren Drittels in lo Fällen betroffen war, 5 mal fand sich eine Fraktur am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel.

Bei 5 der 15 Paresen handelte es sich lediglich um eine passagere Radialisirritation mit vollständiger Restitution noch vor Aufnahme in unsere Klinik. lo Patienten wurden mit bestehender Nervenläsion aufgenommen, davon 3 mit einer kompletten Durchtrennung des Nervus radialis. 7 von diesen lo Paresen, einschließlich zwier kompletter Durchtrennungen, die einmal durch Nervennaht und einmal durch eine Radialisersatzplastik versorgt worden waren, kamen nach durchschnittlich 33,3 Monaten zur vollständigen Restitution. Bis zum Ablauf unserer Kontrolluntersuchungen hatten sich 3 Radialisparesen trotz operativer Neurolyse und Elektrisierungsbehandlung noch nicht zurückgebildet.

Tab. 8: Katamnesen der nach operativer Primärversorgung aufgetretenen Paresen

---

Bei Klinikaufnahme

15 → 5 restituiert
15 → lo nicht restituiert

Vorbehandlung

konservativ = o
operativ = 15
davon
Verplattung = 7
Nagelung = 8

Während oder nach Behandlung

lo → 7 zurückgebildet
lo → 3 nicht zurückgebildet

Eine andere Komplikation der Vorbehandlung trat bei 4 Patienten in Form einer postoperativen Fistelbildung auf. 2 offene und 2 geschlossene Frakturen waren dabei 3 mal durch eine Plattenosteosynthese und in einem Fall durch Marknagelung stabilisiert worden.
Nach Entfernung des Osteosynthesematerials, Einlegen einer Spül-Saug-Drainage und Ruhigstellung mittels Oberarmgipsverband gelang es, bei einem Patienten den Infekt in 7 Wochen zur Abheilung zu bringen. 3 Patienten kamen mit bestehender Osteomyelitis in unsere Klinik.

Bei 13 der 49 primär operativ versorgten Patienten mußte eine Reosteosynthese durchgeführt werden.

7 mal war es zu einer Plattenlockerung gekommen. Hier wurde in 2 Fällen die Platte durch einen Marknagel ersetzt, 5 mal erfolgte ein Plattenwechsel.
Bei 4 primär mit Küntschernagel behandelten Patienten mit nachfolgendem Nagelbruch, wurde in 3 Fällen ein Nagelwechsel durchgeführt, in einem Fall kam die Plattenosteosynthese zur Anwendung.
Bei 2 primär mit Rush-pin versorgten Frakturen wurde bei der Reosteosynthese erneut ein Rush-pin verwendet.
In einem Fall erfolgte 19 Monate nach Plattenosteosynthese eine Spanverschraubung.In einem anderen Fall wurde 7 Monate nach Plattenosteosynthese eine Spongiosaplastik durchgeführt.

Von den 34 primär konservativ behandelten Frakturen kam in 4 Fällen zu einem späteren Zeitpunkt eine Osteosynthese zur Anwendung. Die Versorgung erfolgte hierbei 2 mal mittels Küntschernagelung und einmal durch Verplattung. Ein Patient wurde mit Küntschernagel und zusätzlicher Platte behandelt.

7 weitere primär konservativ behandelte Pseudarthrosen wurden bei einem zweiten Behandlungsversuch erneut einer konservativen Therapie unterzogen.

Bei den 83 Patienten wurden insgesamt 115 Behandlungsversuche durchgeführt.

Tab. 9: Erfolglose Behandlungsversuche

Behandlungsversuche	I	II	III	V
bei 83 Patienten	55	26	1	1

Ein Zweiteingriff war bei 15 (3o,6 %) von 49 primär operativ und 11 (32,4 %) von 34 primär konservativ behandelten Oberarmschaftfrakturen vorgenommen worden. In einem Fall war ein Dritteingriff notwendig gewesen. Ein anderer Patient war vor Aufnahme in unsere Klinik bereits 5 mal operiert worden.

Ein Patient war direkt nach dem Unfallereignis zu uns gekommen. Nach primär operativer Versorgung mit einer breiten lo-Loch-Platte hatte sich hier eine Defektpseudarthrose ausgebildet.

Tab. 1o.: 83 Pseudarthrosen des Oberarmschaftes
Vorbehandlung mit ihren Komplikationen

Gesamtzahl	Vorbehandlung	Komplikationen
57 ♂	konservativ 34 Pat. = 4o,9 %	
	operativ 49 Pat. = 59,1 %	Infektionen 4
83	davon	
26 ♀	intramedulläre Kraftträger 23 Pat.	Paresen 15
	Platten 26 Pat.	

Vom Unfalltag bis zur Aufnahme in die BG-Klinik Tübingen war im Mittel eine Zeit von 13,7 Monaten vergangen. Die Dauer der Vorbehandlung in Beziehung zum jeweiligen Vorbehandlungsmodus ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

Tab. 11: Zuordnung von Vorbehandlungsdauer und
Art der auswärtigen Versorgung

Behandlungsmodus	Vorbehandlungsdauer i. Monaten
konservativ	9,8
Rush-pin und Gips	17,5
Rush-pin, Cerclagen und Gips	11,8
Küntschernagel	18,6
Hackethalnagel	3,4
AO-Platte	16,8
Durchschnittl. Zeit:	13,7

Ein Patient ist hierbei nicht berücksichtigt, der 1941 als Soldat einen Schußbruch mit nachfolgender Osteomyelitis erlitten hatte und nach deren Ausheilung bis zum Januar 1972 mit einer hypertrophen Pseudarthrose gearbeitet hatte.

Bei 54 (65,1 %) Patienten hatte sich eine Pseudarthrose entwickelt. Bei den übrigen 29 (34,9 %) Patienten lag eine verzögerte Bruchheilung innerhalb der ersten 6 Monate vor.

Von den 54 Pseudarthrosen wiesen 19 röntgenologisch eine reaktionsarme bzw. atrophe und 31 eine hypertrophe Form auf. Bei 4 Patienten bestand eine Defektpseudarthrose. Die 29 Frakturheilungsstörungen zeigten 2o mal eine hypertrophe und 9 mal eine atrophe Reaktion.

Tab. 12: Verteilung der Pseudarthrosenformen und knöchernen Reaktionen bei Frakturheilungsstörungen.

	Pseudarthrose	Frakturheilungsstörung
Hypertroph	31	2o
Atroph	19	9
Defekt	4	-
Gesamt	54 (65,1 %)	29 (34,9 %)

Alle 83 Pseudarthrosen wurden in unserer Klinik durch eine Druckplattenosteosynthese versorgt. Dabei kam 81 mal eine breite AO-Platte zur Anwendung. Nur in 2 Fällen, bei einem Poliopatienten und bei einem Kind, wurden schmale Platten angelegt.

In 31 Fällen erfolgte die Osteosynthese mit einer 8-Loch-Platte, 36 mal wurde ein größeres metallisches Implantat verwendet. 2 Pseudarthrosen mußten mit einer 6-Loch-Platte versorgt werden (die Angaben beziehen sich auf alle Erstoperationen in der BG-Klinik). Eine zusätzliche Spongiosaplastik wurde in 48 Fällen durchgeführt, dabei kam 21 mal ein autologes und 27 mal ein homologes Transplantat zur Anwendung.

Die 31 hypertrophen Pseudarthrosen wurden 17 mal allein durch Verplattung und 14 mal mit zusätzlicher Spongiosaplastik versorgt, wobei das knöcherne Transplantat 6 mal autolog und 8 mal homolog war. Die Behandlung der 2o entsprechenden Frakturheilungsstörungen erfolgte in 16 Fällen allein durch Plattenosteosynthese und 4 mal durch zusätzliche Anlagerung von homologer Spongiosa.

Tab. 13: Hypertrophe Pseudarthrosen bzw. Frakturheilungsstörungen.

Behandlungsmodus	Pseudarthrose	Frakturheilungsstörungen
Platte allein	17	16
Platte und homologe Spongiosa	8	4
Platte und autologe Spongiosa	6	-
Summe	31	2o

Bei den 19 atrophen Pseudarthrosen wurde in 1o Fällen zur Plattenosteosynthese die Anlagerung autologer und in 9 Fällen die Anlagerung homologer Spongiosa vorgenommen. Die 9 entsprechenden Frakturheilungsstörungen dieser Gruppe wurden 7 mal durch ein homologes und 2 mal durch ein autologes knöchernes Transplantat zur Verplattung versorgt.

Tab. 14: Atrophe Pseudarthrosen bzw. Frakturheilungsstörungen.

Behandlungsmodus	Pseudarthrose	Frakturheilungsstörungen
Platte allein	-	-
Platte und homologe Spongiosa	9	7
Platte und autologe Spongiosa	1o	2
Summe	19	9

Bei den 4 Defektpseudarthrosen erfolgte in allen Fällen zur Plattenosteosynthese die Anlagerung von autologer Spongiosa.

Von den 83 Pseudarthrosen konnten auf diese Weise 71 (85,5 %) zur knöchernen Konsolidierung gebracht werden.

Bei 5 hypertrophen Pseudarthrosen und 2 verzögerten Bruchheilungen vom atrophen Typ mußte eine Reosteosynthese durchgeführt werden. 5 mal war es zu einer Plattenlockerung gekommen. Ein Patient hatte sich durch einen Sturz zu Hause eine Fraktur unterhalb der reizlos einliegenden 7-1-F-Platte zugezogen. In einem anderen Fall hatte sich während der Metallentfernung eine Refraktur im alten Bereich eingestellt.

Alle 7 Patienten wurden bei der zweiten Operation mit einer längeren Platte versorgt. Zusätzlich erfolgte in 5 Fällen die Anlagerung von Spongiosa, wobei das knöcherne Transplantat 4 mal autolog und 1 mal homolog war.

Bei einer Patientin wurde bei reizlos liegender Platte nach 11 Monaten lediglich autologe Spongiosa angelagert, wodurch es zur knöchernen Ausheilung kam. Es hatte sich hierbei um eine Defektpseudarthrose gehandelt.

Bis auf einen Patienten, bei dem es 2 Monate nach Reosteosynthese zu einer erneuten Plattenlockerung kam, wurde bei all diesen Pseudarthrosen eine knöcherne Konsolidierung erzielt.

Das Zeitintervall von der ersten BG-Aufnahme bis zur letzten erfolgreichen OP betrug bei diesen Patienten im Durchschnitt 1o,4 Monate.

Tab. 15: Mehrfach operierte Pseudarthrosen

+) verzögerte Frakturheilungen mit entsprechender knöcherner Reaktion

Name	Alter	Pseudarthrosentyp	1. Operation	Zeitintervall zur 1. und 2. Operation	2. Operation
B.W.	36 J.	hypertroph	1o-Loch-Platte breit	8 Monate	12-Loch-Platte breit u. homologe Spongiosa
B.L. +)	35 J.	atroph	8-Loch-Platte breit	13 Monate	1o-Loch-Platte breit u. autologe Spongiosa
G.A.	48 J.	hypertroph	8-Loch-Platte breit	24 Monate	1o-Loch-Platte breit u. autologe Spongiosa
M.F. +)	4o J.	atroph	6-Loch-Platte schmal u. autologe Spongiosa	3 Monate	6-Loch-Platte schmal u. autologe Spongiosa
N.P.	29 J.	hypertroph	8-Loch-Platte breit	12 Monate	1o-Loch-Platte breit
N.J.	43 J.	hypertroph	8-Loch-Platte breit u. autologe Spongiosa	12 Monate	1o-Loch-Platte breit u. autologe Spongiosa
H.A.	66 J.	hypertroph	7-Loch-Platte breit u. homologe Spongiosa	1 Monat	zusätzlich 8-Loch-Platte wegen Fraktur am Plattenende nach erneutem Unfall

Postoperative Komplikationen nach Pseudarthrosebehandlung traten bei 15 (18,1 %) der 83 Patienten auf.

Tab. 16: Postop. Komplikationen nach Pseudarthrosebehandlung.

Komplikation	Anzahl	Ausheilung
Radialisparese	6	4
Hämatom	2	2
Serom	1	1
Fistelung	3	3
Osteomyelitis	2	1
Halothanhepatitis	1	-
Summe	15	11

Bei 6 Patienten kam es als postoperative Komplikation zu einer Radialisparese, dabei einmal in Form einer inkompletten Armplexusparese. 4 Paresen gelangten nach durchschnittlich 23 Monaten zur Restitution. Die inkomplette Plexusparese und eine Radialisparese bestehen noch fort.

Bei 2 Patienten mußte am 7. postoperativen Tage in einem Zweiteingriff ein subcutanes Hämatom ausgeräumt werden. In beiden Fällen verlief die Wundheilung nach dem Eingriff ungestört.

Ein anderes Mal hatte sich postoperativ im mittleren Narbenbereich ein oberflächlich gelegenes Serom gebildet, welches sich nach 10 Tagen spontan entleerte. Auch hier verlief die weitere Wundheilung ungestört.

Bei 3 Patienten kam es postoperativ zu einer vorübergehenden Fistelbildung, die in allen 3 Fällen, nach einem durchschnittlichen Zeitintervall von 7,3 Monaten, zur Ausheilung kam.

Ein anderer Patient verstarb 7 Wochen postoperativ an den Folgen einer Halothanhepatitis.

Von 5 Patienten mit Infekt-Pseudarthrose waren bereits drei mit bestehender Osteomyelitis in unsere Klinik gekommen.
Primär hatte es sich hierbei um eine offene und 4 geschlossene Frakturen gehandelt. In 3 Fällen lag eine Defektpseudarthrose vor, einmal hatte sich eine hypertrophe und ein anderes Mal eine atrophe Pseudarthrose ausgebildet.
Zur Infektsanierung und knöchernen Ausheilung waren in allen 5 Fällen mehrere operative Eingriffe erforderlich.

Tab. 17: Behandlung der Infekt-Pseudarthrosen

+) Patienten mit bestehendem Infekt bei Klinikaufnahme

Name	Alter	Pseud.typ.	1. Eingriff	2. Eingriff	3. Eingriff	4. Eingriff	Ausheilung
H.E. +)	64 J.	Defekt-P.	ME, 9-Loch-pl. breit, autol.Sp.Pl., Sequestrotomie	Sequestroto.	ME,9-L-Platte breit, autol.Sp.Pl., Sequestrot.	Refraktur nach ME, 8-Loch-Platte, autol. Sp.Pl.	15 Monate p.o.
K.J.	23 J.	Defekt-P.	Sequestrotomie, autol. Sp.Pl., Thorax-Abd.-Gips	ME,14-L-Pl. breit, autol. Sp.Pl.	ME, SS-Drainage	--	13 Monate p.o. rezidivierende Fistelungen
K.H. +)	47 J.	Defekt-P.	ME, 1o-L-Platte breit, autol. Sp.Pl. Sequestrotom. SS-Drainage	Abszeßrevis.	ME, SS-Drainage	--	11 Monate p.o.
R.S. +)	52 J.	Atroph	ME, 8-L-Platte breit, auto. Sp.Pl.	Abszeßrevis.	ME	--	4 Monate p.o.
S.A.	47 J.	hypertroph	ME, 8-L-Platte breit	ME-9-L-Platte breit	Abszeßrevision	Wundrevision SS-Drainage nach 9 Mon. ME	72 Monate p.o. rezidivierende Fistelungen

Bei 2 Patienten mit infizierter Defektpseudarthrose bestand der Ersteingriff aus Metallentfernung, Sequestrotomie, Reosteosynthese mit breiter DC-Platte und Anlagerung von autologer Spongiosa, dabei wurde einmal zusätzlich eine Spül-Saug-Drainage angelegt.
Im Anschluß erfolgte eine kurzzeitige Ruhigstellung in einem Oberarmgipsverband. Ein dritter Patient mit infizierter Defektpseudarthrose war beim Ersteingriff nach erfolgter Sequestrotomie und autologer Spongiosa-Plastik für 9 Wochen mit einem Thorax-Abduktions-Gipsverband versorgt worden.

Alle drei Patienten mußten sich noch während des stationären Aufenthaltes einem zweiten Eingriff unterziehen. Dabei erfolgte in einem Fall lo Wochen postoperativ eine erneute Sequestrotomie und autologe Spongiosaplastik.
Bei einem anderen Patienten wurde 9 Wochen postoperativ eine Reosteosynthese mit einer längeren Platte unter Anlagerung von autologer Spongiosa durchgeführt. 8 Wochen nach dem Ersteingriff hatte sich bei dem dritten Patienten dieser Gruppe ein Abszeß gebildet, der operativ ausgeräumt werden mußte.
Die stationäre Entlassung (durchschnittlicher Klinikaufenthalt 4,1 Monate) erfolgte in allen drei Fällen mit liegender Redon-Drainage.

Bei 2 Patienten konnte 6 Monate nach dem Ersteingriff das Osteosynthesematerial entfernt werden, da die Pseudarthrose inzwischen knöchern konsolidiert war. In einem Fall bestand zu diesem Zeitpunkt immer noch eine kleine Fistelung.
Der dritte Patient mußte sich nach 7 Monaten erneut einem operativen Eingriff unterziehen. Nach Sequestrotomie, Reosteosynthese mit der alten Platte und Anlagerung autologer Spongiosa konnte auch hier, 13 Monate nach dem Erst-

eingriff, eine Metallentfernung bei knöcherner Ausheilung der Oberarmpseudarthrose vorgenommen werden. Leider kam es 5 Wochen nach der Entfernung des Osteosynthesematerials zu einer Refraktur der Pseudarthrose. Die Versorgung erfolgte diesmal mit einer breiten 8-L-Platte und erneuter Anlagerung autologer Spongiosa. 15 Monate nach dem ersten Eingriff ist auch bei diesem Patienten die Pseudarthrose fest verheilt und der Infekt abgeklungen. Auf eine Metallentfernung wurde bis jetzt verzichtet.

In einem Fall lag eine Infektpseudarthrose vom atrophen Typ vor. Die Erstbehandlung erfolgte durch Umplattung mit breiter 8-Loch-Platte, Anlagerung von autologer Spongiosa und Ruhigstellung durch einen Oberarmgipsverband für 2 Wochen. Am 26. postoperativen Tag mußte wegen einer Verhaltung an der Rückseite des Oberarmes revidiert werden. Die stationäre Entlassung erfolgte 5 Wochen danach mit liegender Redondrainage. Die Metallentfernung konnte 18 Wochen nach Ersteingriff durchgeführt werden. Die Pseudarthrose war inzwischen fest verheilt, der Infekt abgeklungen.

In der Gruppe der infizierten Pseudarthrosen befand sich auch eine Pseudarthrose vom hypertrophen Typ.
Die Erstversorgung erfolgte hier lediglich mit einer breiten 8-Loch-Platte. Auf eine Spongiosa-Plastik wurde verzichtet. 8 Monate später mußte wegen Plattenlockerung eine Reosteosynthese vorgenommen werden. Am 3o. postoperativen Tag wurde ein Abszeß ausgeräumt und eine Spül-Saug-Drainage angelegt. Dieser Prozeß mußte wegen erneuter Abszeßbildung nach 19 Tagen wiederholt werden. Die Metallentfernung konnte 21 Monate nach Ersteingriff vorgenommen werden. Es bestanden noch 3 Fisteln, aus denen sich postoperativ eitriges Sekret entleerte. Nach 72 Monaten besteht dieser Infekt weiter fort.

Das Zeitintervall von der ersten BG-Aufnahme bis zu dem letzten Eingriff, der zur knöchernen Konsolidierung der Oberarmpseudarthrose führte, betrug bei den 5 Patienten mit Infekt-Pseudarthrose im Durchschnitt 1o,8 Monate. Bei drei Patienten kam es zu einer Ausheilung des Infektes. In 2 Fällen fanden sich bei der abschließenden Nachuntersuchung rezidivierende Fistelungen.

Alle in der BG-Klinik Tübingen behandelten Pseudarthrosen und Frakturheilungsstörungen konnten zur knöchernen Ausheilung gebracht werden.

Das durchschnittliche Zeitintervall von der ersten BG-Aufnahme bis zur letzten erfolgreichen Operation betrug bei den 71 einfach operierten Patienten 8,7 Tage, bei 8 Zweiteingriffen 14,3 Monate und bei 4 dreifach oder mehr operierten Patienten 11,1 Monate.

Tab. 18: Behandlungsversuche der 83 Pseudarthrosen

1 Operation	2 Operationen	3 Operationen	4 Operationen
71	8	2	2

Der durchschnittliche stationäre Aufenthalt betrug 36,5 Tage. Nicht berücksichtigt sind hierbei die 5 Patienten mit Infektpseudarthrose.
Die Gesamtbehandlungsdauer, vom Unfalltag bis zum Eintritt der Arbeitsfähigkeit, lag im Mittel bei 2o,1 Monaten.
Das durchschnittliche Zeitintervall zwischen letzter erfolgreicher Operation bis zum Eintritt der Arbeitsfähigkeit belief sich auf 4,7 Monate.

Bei der abschließenden Nachuntersuchung vor Wiedereingliederung in den Arbeitsprozeß konnten von den 83 Patienten 72 (86,7 %) erfasst werden. Vom Unfalltag bis zumTag der Nachuntersuchung war im Durchschnitt eine Zeit von 36,6 Monaten vergangen. Das mittlere Zeitintervall zwischen Pseudarthrosenbehandlung und Nachuntersuchung lag bei 2o,1 Monaten.

Zur Beurteilung der postoperativen Ergebnisse wurde die klinische Armfunktion am Schultergelenk durch Vorheben, Seitheben, Rückheben und Rotation, am Ellenbogengelenk anhand von Beugung und Streckung sowie Pro- und Supination ermittelt. Dabei wurde in vier Beweglichkeiten eingeteilt und als Bewertungsskala ein Bewertungssystem von sehr gut bis mangelhaft verwendet.

Als sehr gut wurde eine freie Beweglichkeit bis endgradige Bewegungseinschränkung des Schulter- und/oder Ellenbogengelenkes um 1o Grad und weniger bezeichnet.
Funktionseinschränkungen des Schulter- und/oder Ellenbogengelenkes um 2o Grad, beim Seitheben und Rückheben bis 3o Grad, wurden als gut bewertet.
Unter ausreichend wurde eine Bewegungsminderung des Schulter- und/oder Ellenbogengelenkes verstanden, die ein Drittel bis ein Halb betrug.
Funktionseinbußen des Schulter- und/oder Ellenbogengelenkes um mehr als die Hälfte wurden als mangelhaft eingestuft.

In der folgenden Tabelle werden die praeoperativen und postoperativen Funktionsergebnisse in vergleichender Hinsicht dargestellt.

Tabelle 19: Gegenüberstellung von prae- und postoperativen Ergebnissen der klinischen Armfunktion (Angaben in %)

Beweglichkeit	praeoperativ sehr gut	gut	ausr.	mangelh.	postoperativ sehr gut	gut	ausr.	mangelh.
Schultergelenk								
Vorheben	19,4	1o,4	2o,9	49,3	72,2	11,1	11,1	5,6
Seitheben	16,7	13,6	18,2	51,5	7o,8	11,1	13,9	4,7
Rückheben	27,6	17,2	13,8	41,4	83,3	12,1	3,1	1,5
Rotation	25,o	15,o	2o,o	4o,o	69,2	12,3	12,3	6,2
Ellenbogengelenk								
Streckung	28,8	16,7	22,7	31,8	68,1	11,1	11,1	9,7
Beugung	22,7	21,2	3o,3	25,8	66,7	15,3	15,3	2,7
Pronation/Supination	29,6	16,7	2o,4	33,3	7o,o	18,3	6,7	5,o

Der Vergleich der praeoperativen mit der postoperativen klinischen Armfunktion ergab bis auf wenige Ausnahmen für alle geprüften Parameter eine deutliche postoperative Funktionsverbesserung.
Lag die freie Schultergelenksbeweglichkeit praeoperativ bei nur 22,2 %, so konnte postoperativ eine völlig unbehinderte Beweglichkeit im Schultergelenk von durchschnittlich 73,8 % verzeichnet werden. Umgekehrt wurde die praeoperativ in 45,6 % der Fälle mit mangelhaft eingestufte Schultergelenksbeweglichkeit postoperativ bei nur noch 4,5 % der nachuntersuchten Patienten als mangelhaft befunden.
Auch hinsichtlich der Ellenbogengelenksbeweglichkeit fand sich eine deutliche postoperative Funktionsverbesserung. Hier konnte die freie Beweglichkeit von praeoperativ 27,1 % auf 68,3 % postoperativ verbessert werden, während die praeoperativ noch in 3o,3 % der Fälle mit mangelhaft eingestufte Gelenksfunktion postoperativ nur noch bei einer Rate von 5,7 % lag.

Die folgende Tabelle zeigt die einzelnen Funktionsveränderungen, wobei prae- und postoperativ identische Befunde mit erfasst werden.

Tab. 2o: Beurteilung der postoperativen Funktionsergebnisse (Angaben in %)

Beweglichkeit	gebessert	unverändert	verschlechtert
Schultergelenk			
Vorheben	7o,5	29,5	-
Seitheben	73,8	26,2	-
Rückheben	64,3	33,9	1,8
Rotation	6o,4	39,6	-
Ellenbogengelenk			
Streckung	57,4	36,1	6,5
Beugung	67,2	26,2	6,6
Pronation/ Supination	55,1	4o,8	4,1

VII. Diskussion

Bei konservativer Behandlung tritt nach Oberarmschaftfrakturen in der Regel problemlos die knöcherne Konsolidierung ein (BÜRKLE DE LA CAMP, 1961; BÖHLER, 1964; PAUL, 1973; ZEILER, 1977). Die meisten Pseudarthrosen sind auf vermeidbare Fehler in der Frakturenbehandlung zurückzuführen. Ursache des Mißerfolges, der nach Literaturangaben in 3 bis 7 % der Fälle eintritt, sind bei der selten indizierten operativen Behandlung regelmäßig fehlerhafte Indikationsstellung, Mängel bei der Auswahl der Methode und mangelhafte Technik (ZEILER, 1977).

Auffallend ist jedoch das gehäufte Auftreten von verzögerter Knochenbruchheilung und Pseudarthrosen bei einzelnen Frakturtypen, besonders der Querfraktur des Schaftes sowie nach Frakturen im Bereich des mittleren Oberarmdrittels (BÖHLER, 1951; OSTAPOWICZ, 1962; MÜLLER, M.E. et al., 1977).
In Übereinstimmung mit der Literatur fanden sich auch in unserem Krankengut die meisten Pseudarthrosen, nämlich 55,4 % nach Oberarmschaftfrakturen im mittleren Drittel (siehe Tab. 3).
Die häufigsten Bruchformen waren Querfrakturen, kurze Schrägfrakturen oder Brüche mit kleinem Biegungskeil. Insgesamt waren in 71,1 % der Fälle Frakturen mit kurzem Bruchlinienverlauf festzustellen (siehe Tab. 4).

Von den Pseudarthrosen entstanden 4o,9 % nach primär konservativer Behandlung (siehe Tab. 6). Innerhalb dieser Gruppe fanden sich 64,7 % mit kurzem Bruchlinienverlauf, also einer für konservative Behandlung bekannt ungünstigen Form. Das mittlere Oberarmdrittel war dabei in 5o,o % der Fälle betroffen.

49 (59,1 %) von den 83 Pseudarthrosen entstanden nach operativer Erstversorgung (siehe Tab. 6).
14 mal kam die Marknagelung zur Anwendung, ein Verfahren, dem als schwerwiegende Nachteile vor allem Rotations- und Distraktionsinstabilität sowie Hitzeschäden bei der Bohrarbeit angelastet werden, die zu Heilungsstörungen Anlaß geben können (BANDI, 1964; WELLER, 1967; REHN, 1972; JÄGER, 1972).
Die mangelnde Ruhigstellung durch den Marknagel zeigte sich auch in unserem Krankengut. Von den 14 Marknagelungen waren 2 mit einer Cerclage und eine mit einer Platte kombiniert worden. In weiteren 5 Fällen mußte zur zusätzlichen Stabilisierung ein Thoraxabduktionsgipsverband angelegt werden.
Auch Minimalosteosynthesen mit Rush-pins und Cerclagen sind zur Frakturversorgung ungeeignet (WELLER u. SCHAUWECKER, 1971; REHN, 1972; VOORHOEVE u. STERNEMANN, 1973; PAUL, 1973; HENKERT u. MAESS, 1973; BECK, 1973; HUBER, 1974). Sie führen nur zur Ruhestabilität und erfordern dadurch zusätzlich eine Immobilisierung durch Gipsverbände. Eine Erstversorgung mit Rush-pin und Gipsverband war bei 7 von unseren Patienten vorgenommen worden, davon 3 mal in Verbindung mit Cerclagen (siehe Tab. 6).
Die Hackethalnagelung kam in 2 Fällen zur Anwendung.
Fehlergebnisse nach einer Druckplattenosteosynthese gab es bei 26 Patienten. Hierbei erfolgte die Versorgung in 13 Fällen mittels einer schmalen 6-Loch-Platte, was als insuffiziente Minimalosteosynthese angesehen werden muß. Als kleinste Plattengröße wird heute mindestens die 6-7-Loch-Platte empfohlen, die nur in Ausnahmefällen schmal sein sollte (HUBER, 1974).

Bei 14 Patienten (16,8 %) trat als bedeutendste primäre Nebenverletzung eine Nervenläsion auf (siehe Tab. 5).

In 4 Fällen handelte es sich dabei um eine Plexusschädigung und 9 mal um eine Radialisparese. In einem Fall war es zu einer Medianusschädigung gekommen. Im Vergleich hierzu beschreibt ECKE (1972) die Häufigkeit der posttraumatischen Parese, vor allem des N. radialis, mit 5 % bei 168 Oberarmschaftfrakturen, NITZSCHE (196o) mit 5 % bei 6o Fällen und MÖSENEDER (1965) mit 9,4 % bei 159 Fällen. Nach Angaben der Literatur ist in über der Hälfte der Fälle der Oberarm im mittleren und zu 4o % im distalen Drittel gebrochen. Das sind die vulnerabelsten Abschnitte des N. radialis. Auch bei unseren 9 posttraumatischen Radialisparesen lagen die Frakturen ausschließlich in diesem Bereich.

Nach Vorbehandlung war es bei 15 Patienten zu einer Nervenläsion gekommen und zwar ausschließlich nach operativer Frakturbehandlung (siehe Tab. 7). Während der Osteosynthese kann der Nerv durch Hakendruck verletzt werden. Auch die Reposition selbst oder die Absprengung von Knochensplittern können zu einer Schädigung führen (PANNING, 1973). Ebenso kann die vorbereitende Aufbohrung zur Küntscher-Nagelung von Stückfrakturen riskant sein oder die intraoperative Darstellung des Nerven, die oft Anlaß zur Parese ist. Unter den 15 Nervenläsionen unseres Krankengutes fanden sich 14 Radialisparesen, die nach 5 von 14 Marknagelungen, 6 von 26 Verplattungen, 2 von 7 Versorgungen mit Rush-pin und 1 von 2 Hackethalnagelungen aufgetreten waren (siehe Tab. 7). Bei Aufnahme in die BG-Unfallklinik Tübingen hatten sich davon 5 Paresen zurückgebildet. Von den restlichen 1o kam es in 7 Fällen zur Restitution nach durchschnittlich 33 Monaten.

Alle 83 Pseudarthrosen wurden in unserer Klinik durch eine Druckplattenosteosynthese und ggf. einer Spongiosaplastik versorgt. Dabei kam 81 mal eine breite AO-Platte zur Anwendung. In 31 Fällen erfolgte eine Osteosynthese mit einer 8-Loch-Platte, 36 mal wurde ein größeres metallisches Implantat verwendet. Die 51 hypertrophen Pseudarthrosen und Frakturheilungsstörungen wurden 33 mal allein durch Verplattung und 14 mal mit zusätzlicher Spongiosaplastik versorgt, wobei das knöcherne Transplantat 12 mal homolog und 6 mal autolog war. Bei 46 Patienten führte diese Operation zur Ausheilung.
Bei den 28 atrophen Pseudarthrosen und Frakturheilungsstörungen wurde in 12 Fällen die Anlagerung autologer und in 16 Fällen die Anlagerung homologer Spongiosa vorgenommen. 25 Pseudarthrosen konnten durch diese Operation zur Ausheilung gebracht werden.
Den 4 Defektpseudarthrosen wurde in allen Fällen zusätzlich zur Plattenosteosynthese autologe Spongiosa angelagert, wodurch 3 zur Ausheilung kamen.

Von den 83 Pseudarthrosen konnten auf diese Weise 71 (85,5 %) zur knöchernen Konsolidierung gebracht werden.
Bei 5 hypertrophen Pseudarthrosen und 2 verzögerten Bruchheilungen vom atrophen Typ mußte eine Reosteosynthese durchgeführt werden. 5 mal war es zu einer Plattenlockerung gekommen. 1 Patient hatte sich durch einen Sturz eine Fraktur unterhalb der reizlos liegenden Platte zugezogen. In einem anderen Fall hatte sich während der Metallentfernung eine Refraktur im alten Bereich eingestellt.
Alle 7 Patienten wurden bei der zweiten Operation mit einer längeren Platte versorgt. Zusätzlich erfolgte in

5 Fällen die Anlagerung von Spongiosa, wobei das knöcherne Transplantat 4 mal autolog und 1 mal homolog war. Bei einer Patientin wurde bei reizlos liegender Platte nach 11 Monaten lediglich autologe Spongiosa angelagert, wodurch es zur knöchernen Ausheilung kam. Es hatte sich hierbei um eine Defektpseudarthrose gehandelt.
Bis auf einen Patienten, bei dem es 2 Monate nach Reosteosynthese zu einer erneuten Plattenlockerung kam, wurde bei all diesen Patienten eine knöcherne Konsolidierung erzielt.

Als häufigste postoperative Komplikation kam es bei 6 Patienten zu einer Radialisparese, dabei einmal in Form einer inkompletten Armplexusparese. 4 Paresen gelangten nach durchschnittlich 23 Monaten zur Restitution. Die Plexusparese und eine Radialisparese bestehen noch fort.

Eine vorübergehende Fistelbildung war postoperativ in 3 Fällen zu verzeichnen. Von 5 Patienten mit Infekt-Pseudarthrose waren bereits 3 mit bestehender Osteomyelitis in unsere Klinik gekommen. Nach mehreren operativen Eingriffen kam es bei 3 Patienten zu einer Ausheilung des Infektes. In 2 Fällen fanden sich bei der abschließenden Nachuntersuchung rezidivierende Fistelungen (siehe Tab. 17).

Der Vergleich der praeoperativen mit der postoperativen klinischen Armfunktion ergab bis auf wenige Ausnahmen eine deutliche Funktionsbesserung. (siehe Tab. 2o).

Die Frage, ob das Osteosynthesematerial entfernt werden soll, scheint nicht eindeutig geklärt. GROHNERT und FRIEDEBOLD halten eine spätere Entfernung nur bei Jugend-

lichen für erforderlich. MÜLLER, ALLGÖWER und WILLENEGGER betrachten eine Entfernung des Materials nur selten als notwendig, da es sich ja um eine Platte an einem wenig belasteten Knochen handelt, die unter einem guten Weichteilmantel liegt.
In unserer Klinik wird grundsätzlich bei jüngeren Patienten die Metallentfernung durchgeführt, vorausgesetzt, daß primär keine Radialisparese vorlag. Bei Patienten, die älter als 5o Jahre sind wird das Metallimplantat belassen, wenn es nicht in irgendeiner Weise stört.

VIII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird über Pseudarthrosen und Frakturheilungsstörungen des Oberarmschaftes berichtet, die in der Zeit von 197o bis 1977 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen behandelt wurden.

Einleitend wird auf die beträchtliche Anzahl von Pseudarthrosen nach den verschiedenen Behandlungsverfahren hingewiesen und die Absicht der Arbeit dargelegt, die Leistungsfähigkeit der übungsstabilen Osteosynthese durch AO-Platten mit und ohne Spongiosaanlagerung anhand des klinischen Ergebnisses bei diesem Krankengut zu bewerten.

Dann wird ein kurzer Überblick über Begriff und Einteilung der Pseudarthrosen in der Literatur gegeben. Die Abgrenzung gegenüber der verzögerten Kallusbildung erfolgt demnach vor allem nach zeitlichen Kriterien.

Anschließend werden die wichtigsten Ursachen genannt, die zur Entstehung einer Pseudarthrose führen. Neben sehr seltenen endogenen Stoffwechselstörungen steht dabei die fehlerhaft durchgeführte konservative oder operative Frakturbehandlung im Vordergrund.

Davon ausgehend, daß die operative Behandlung bei der Oberarmschaftpseudarthrose immer angezeigt und der einzige Weg zur Heilung des Falschgelenkes ist, folgt im nächsten Abschnitt eine Erläuterung der verschiedenen Behandlungsverfahren. Die Druckplattenosteosynthese mit und ohne Spongiosaplastik ist vielerorts zum Standardverfahren der Behandlung von Pseudarthrosen des Oberarms geworden.

Im einschlägigen Krankengut der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen fanden sich in den Jahren 1970 bis 1977 54 Oberarmpseudarthrosen und 29 Frakturheilungsstörungen. Die Auswertung der Fälle nach Frakturart und -lokalisation sowie Methoden der Vorbehandlung ergibt in Übereinstimmung mit der Literatur, daß als wichtigste Ursache für die Entstehung der Pseudarthrosen eine fehlerhafte oder nicht indizierte Osteosynthese zu nennen ist.

Die operative Versorgung mittels der AO-Druckplatte, ggf. mit einer Spongiosaplastik kombiniert, führte bei allen 83 Patienten zur knöchernen Konsolidierung mit ordentlicher postoperativer Funktion.

Literaturverzeichnis

AXHAUSEN, W.: Die Behandlung der verzögerten und der ausgebliebenen Knochenbruchheilung mit der freien Knochenüberpflanzung. Langenbecks Arch.klin.Chir. 325, 825 - 834 (1969)

Ders.: Die Bedeutung der Individual- und Artspezifität der Gewebe für die freie Knochenüberpflanzung. Hefte Unfallheilk. 72, 1 - 117 (1962)

BÄTZNER, K.: Weitere Ergebnisse und Fortschritte der chirurgischen Behandlung von Pseudarthrosen und Knochendefekten nach schweren Unfall- und Kriegsverletzungen. Beitr. klin. Chir. 178, 239 - 258 (1949)

BANDI, W.: Indikation und Technik der Osteosynthese am Humerus. Helvet. chir. Acta 31, 89 - loo (1964)

BECK, E.: Pathogenes und Behandlungsergebnisse der Oberarmschaftpseudarthrosen. Zbl. Chir. 98, lo48 - lo53 (1973)

BEDACHT, R.: Plattenosteosynthese bei posttraumatischer Pseudarthrose. Zbl. Chir. lol, lo9o - 1197 (1976)

BETZEL, F.: In: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, h.g.v. BÜRKLE DE LA CAMP u. H. SCHWAIGER Bd. III, S. 55 ff., Enke Verlag Stgt. (1965)

BIALECKI, S. u. MICHALSKY, E.: Die Ursachen der verzögerten Heilung und Bildung von Pseudarthrosen bei Schaftbrüchen der langen Knochen. Beitr. zur Orth. u. Traumatol. 12, (1962)

BINDER, L.: Behandlung von Defekten an Röhrenknochen mit Hilfe von Druckplattenosteosynthese und Spongiosaplastik, Doktorarbeit BG-Klinik Tbg.

BLOCK, W.: Die normale und gestörte Knochenbruchheilung. Neue dt. Chirurgie, 62, Enke Verlag, Stgt. (1940)

BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12. - 13. Aufl., Maudrich, Wien (1951)

Ders.: Gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen. Langenbecks Arch. 308, 465, (1964)

Ders.: Die Verhütung der Pseudarthrosen. Hefte Unfallheilk. 94, 77 - 82 (1968)

BÖHLER, L. u. J. BÖHLER: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12. - 13. Aufl., Ergänzungsband, S. 2448 ff., Maudrich, Wien-Bonn-Bern (1963)

BOYD, H.B., LIPINSKI, S.W. u. WILEY, J.H.: Observations on non-union of the long bones, with astatical analysis of 842 patients. J, Bone It. Surg. 43-A, 159 - 169 (1961)

BRAND, G.: Zur Pseudarthrosenentstehung und -behandlung. Langenbecks Arch. klin. Chir. 177, 115 (1933)

BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Gedanken zur Pseudarthrosebehandlung. Chir. Festschrift Thieme-Verlag Stgt. (1958)

Ders.: Fehler und Gefahren bei der operativen Behandlung frischer Frakturen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 298, 87 - 101 (1961)

BURRI, C.: Posttraumatische Osteitis. Huber-Verlag, Bern-Stgt.-Wien (1974)

BURRI, C., HENKE-MEYER, H. u. RUEDI, TH.: Chirurgische Behandlung infizierter Knochendefekte. Langenbecks Arch. klin. Chir. 330, 54 - 78 (1971)

CECH, O. u. STRYHAL, F.: Unsere Erfahrungen mit der Druckplatte bei der Behandlung schlecht geheilter Frakturen und Pseudarthrosen. Beitr. orth. Traumatol. 14, 711 - 714 (1967)

COTTA, H.: Besondere Probleme bei der Pseudarthrosenbehandlung. Hefte Unfallheilk. 94, 63 (1968)

DECKER, S. u. B. BRUNNER: Fehlindikationen bei Markraumosteosynthesen an den oberen Gliedmaßen. Unfallheilk. 8o, 257 - 26o (1977)

ECKE, H.: Spättherapie der komplizierten Oberarmschaftfraktur. Praxis-Kurier Nr. 32 (1972)

ESSER, L.: Ergebnisse bei der Spanplastik nach Phemister. Zbl. Chir. 92, 2225 - 2227 (1967)

FEDERAZONI, F. u. G. SGARLI: Il nostro orientamento nella cura delle pseudarthrosi e dei ritardi di consolidatione della diafisi omerale. Minerva orthop. 17, 82 (1968)

FRAUSCHER, H.: Pseudarthrosenbehandlung mit Phemisterspänen. Chir. Praxis 23, 382 - 457 (1977/78)

FRIEDEBOLD, G., WITT, A.N, HANSLIK, L. u. A. JENDRISCHICK: Kritische Untersuchungen über den klinischen Wert homoi- und heteroplastischer Knochentransplantationen. Archiv. orthop. Unfall-Chir. 55, 627 - 671 (1963)

FRIEDRICH, B. u. J.R. KRONE: Unfallheilk. 76, 3o8 - 325 (1973)

GENEWEIN, R., K.U. MOHR u. F.L. RUEFF: Ursachen und Therapie der Pseudarthrosen. MMW, 14, 845 - 851 (1968)

GROHNERT, H.J. u. G. FRIEDEBOLD: Konservative oder operative Indikation bei Oberarmschaftbrüchen unter besonderer Berücksichtigung der Radialisparese. Act. Traumatol. 1, 47 - 54 (1971)

HARMS, J. u. W. ARENS: Zur operativen Behandlung von Oberarmschaftpseudarthrosen. Mschr. Unfallheilk. 76,4o - 46 (1973)

HEIPERTS, W.: Überbrückung von Knochendefekten. In: REHN, J. u. G. HIERHOLZER (Hrsg). Die posttraumatische Osteomyelitis 187 - 191, Schattauer Verlag Stgt. - New York (197o)

HENKERT, K. u. M. MAESS: Entstehung und Behandlung der Pseudarthrosen des Ober- und Unterarmes. Orthopädie und Traumatologie Sonderdruckheft 7, (1973)

HENKERT, K., R. BRÜCKNER u. M. MAESS: Unsere Behandlung der Pseudarthrosen langer Röhrenknochen. Beitr. orthop. Traumatol. 17, 557 - 566 (197o)

HUBER, T.: Zur operativen Behandlung von Oberarmpseudarthrosen. Aktuelle Traumatologie 4, 23 (1973)

JÄGER, M.: Die Plattenosteosynthese ohne und mit autoplastischem Knochentransplantat bei der Pseudarthrosenbehandlung. Mschr. Unfallheilk. 75, 258 - 276, (1972)

JAKOBS, W.: Pseudarthrosen nach Oberarmhalsfraktur. Mschr. Unfallheilk. 76 , 83 - 84 (1973)

JUDET, R., J. JUDET u. R. ROY-KAMILLE: La vascularisation des pseudarthroses des os longs d'après un etude clinique et experimentelle. Rev. Chir. Orthop. 44, 5 (1958)

KLEMS, H. u. W. NOACK: Ursachen und Behandlung der verzögerten Heilung und Pseudarthrose nach Oberarmschaftfrakturen. Arch. orthop. Unfall-Chir. 85, 181 - 188 (1976)

KOCH, H.,
NEURATH, F., V. Schlosser: Experimentelle Untersuchungen zur Entstehung von Pseudarthrose und Spontanfraktur im Cerclagenbereich Hefte Unfallheilk. 94 , 74 (1968)

KÖNIG, F.: Operative Chirurgie der Knochenbrüche. Springer Berlin (1931)

KROMPECHER, S.: Die Knochenbildung Fischer, Jena (1934)

KROMPECHER, ST.: Experimentelle Beeinflussung der Art der regenerativen Knochenbildung durch mechanische Einwirkungen. Anat. Anz. 81, Erg. H., 138 - 148 (1936)

KÜNTSCHER, G.: Pseudarthrose nach "Marknagelung". Z. Orthop. 87, 225 (1956)

Ders.: Praxis der Marknagelung. F.K. Schattauer Verlag (1962)

KUNER, D.H.,
WEYAND, F. u.
B. DOMRES: Zur Leistungsfähigkeit autologer Spongiosa bei der Behandlung knöcherner Defekte. Mschr. Unfallheilk. 75, 189 - 2o2 (1972)

LAUBE, J. u. B. GAY: Betrachtungen zur Pseudarthrosenbildung und -behandlung. Zbl. Chir. 91, 1954 (1966)

LEITZ, G.: Möglichkeiten der operativen Korrektur von Pseudarthrosen und Fehlstellungen. Arch. orthop. Unfall-Chir. 63, 196 (1968)

LEXER, E.: Die gesamte Wiederherstellungs-Chirurgie. Barth. Leipzig (1931)

Ders.: Operationen bei Pseudarthrosen. MMW 83, 83 (1933)

Ders.: Operation und Erfolge bei veralteten mehrfach operierten Pseudarthrosen. Zbl. f. Chir., S. 913 (1936)

Ders.: Lehrbuch der Allgemeinen Chirurgie. 22. Auflage Enke, Stgt. (1957)

MAATZ, R.: Feder-Osteosynthese. Jansen, Kiel (1951)

Ders.: Ergebnisse der Marknagelung. Hefte Unfallheilk. 40, 1 - 23 (1951)

MAGNUS, G.: Wesen und Behandlung der Pseudarthrose Zbl. f. Chir. 64, 1228 (1937)

MATTI, H.: Über freie Transplantationen von Knochenspongiosa. Langenbecks Arch. klin. Chir. 168, 236 - 258 (1932)

MATZEN, P.F.: Lehrbuch der Orthopädie. VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin (1967)

MAURER, G. u. F. LECHNER: In: Handbuch der Unfallheilkunde, 3. Aufl., Bd. I, S. 52o ff. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart

MAYER,G.: Ergebnisse der operativen Behandlung von posttraumatischen Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen. Beitr. Orthop. u. Traumatol. 24, (1977)

MÖSENEDER, H.: Die konservative Behandlung der Oberarmschaftbrüche und ihre Ergebnisse. Monatschr. Unfallheilk. 68, 41 - 45 (1965)

MÜLLER, J. u. R. SCHENK: Zuggurtungsplattenosteosynthese zur Behandlung von Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen. Mschr. Unfallheilk. 74, 253 (1971)

MÜLLER, J., R. u. H. Willenegger: Helvet. Chir. Acta 35, 3o1 - 3o8 (1968) Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung reaktiver Pseudarthrosen am Hunderadius.

MÜLLER, M.E.: Die Behandlung der nicht infizierten Pseudarthrosen an der oberen Extremität mit Kompressionsplatte. Actuelle Chirurgie Bd. I, Heft 2 Stgt. Mai 1966

MÜLLER, M.E. u. M. ALLGÖWER: Zur Behandlung der Pseudarthrose. Helvet. chir. Acta 25, 356 - 364 (1958)

MÜLLER, M.E., M. ALLGÖWER, R. SCHNEIDER u. H. WILLENEGGER: Manual der Osteosynthese Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York (1977)

MUHR, G. u. ZECH, H. u. G.: Konservative oder operative Behandlung der Oberarmschaftbrüche. Monatschr. Unfallheilk. 76, 128 - 137 (1973)

NITZSCHE, L.: Spätergebnisse nach konservativer Behandlung der Humerusschaftfrakturen mittels Böhlerschen U'Gipsverbands. Mschr. Unfallheilk. 69, 318 - 324 (1966)

OSTAPOWICZ, G.: Pseudarthrosen und ihre Therapie. Bruns Beitr. klin. Chir. 2o5, 1 - 26 (1962)

PANNING, B.: Radialisparese nach Humerusfrakturen. Arch. orthop. Unfall-Chir. 75, 324 - 351 (1973)

PAUL, D.: Ursachen und Behandlung von Oberarmschaftpseudarthrosen. Zbl. f. Chir. 98, 1o54 - 1o58 (1973)

PAUWELS, F.: Die Biomechanik der Knochenbruchheilung. Verh. dtsch. orthop. Ges. (194o)

Ders.: Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung des Stützgewebes. Zschr. Anat. Entwickl. gesch. 121, 478 - 515 (196o)

Ders.: zit. n. J. LAUBE u. B. GAY

RADLOFF, H. u. W. GROHER: Zur Entstehung und Behandlung der Oberarmpseudarthrosen. Arch. orthop. Unfall-Chir. 71, 2o5 - 215 (1972)

REHN, E.: Über die Muskelzustände bei Knochenbrüchen u. ihre Bedeutung für die Frakturbehandlung. Langenbecks Arch. klin. Chir. 133, 41o (1924)

REHN, J.: Die posttraumatische Pseudarthrose, ihre Entstehung und Therapie. Hefte Unfallheilk. 94, 5 - 15 (1968)

Ders.: Pseudarthrosen nach operativer Knochenbruchbehandlung. Mschr. Unfallheilk. 75, 2o3 (1972)

Ders.: Sekundäre Behandlung der Oberarmschaftfraktur. Langenbecks Arch. Chir. 332 Kongreßbericht 1972

Ders.: Die Behandlung ver Oberarmschaftbrüche. Mschr. Unfallheilk. 75, 469 - 479 (1972)

RUEFF, F.L. u. H. PELZL: Zur Behandlung der Oberarmschaftbrüche. Chirurg 38, 17 - 19 (1967)

RUEFF, F.L., WILHELM, K. u. HAUER, G.: Komplikationen und Fehlergebnisse nach Osteosynthesen am Oberarm. Arch. orthop. Unfall-Chir. 73, 327 (1972)

SCHAUWECKER, F.: Osteosynthesepraxis Thieme Verlag Stgt. (1972)

SCHAUWECKER, F., R. GERHARD, u. W. KELLING: Humerusschaftpseudarthrosen nach konservativer und operativer Behandlung. Aktuelle Traumatologie Heft 1/1977

SCHENK, R.K., J. MÜLLER u. H. WILLENEGGER: Experimentell-histologischer Beitrag zur Entstehung und Behandlung von Pseudarthrosen. Hefte zur Unfallheilkunde 94, 15 - 24 (1968)

SCHINK, W.: Pathophysiologie der Pseudarthrose. Langenbecks Arch. klin. Chir. 325, 8o4 (1969)

SCHNEIDER, I. u. K.H. MÜLLER: Septische Komplikationen nach Osteosynthesen an der oberen Extremität. Therapiewoche 27, 8512 - 8527 (1977)

SCHRAMM, W.: Klinische und tierexperimentelle Untersuchungen über die Transplantation autoplastischer Spongiosa. Beihefte Unfallheilk. 104,

SCHWEIBERER, L.: Experimentelle Untersuchungen von Knochentransplantaten mit unveränderter und denaturierter Knochengrundsubstanz (Ein Beitrag zur kausalen Osteogenes) Hefte Unfallheilk. 103 (1970)

Ders.: Der heutige Stand der Knochentransplantation. Chirurg 42, 252 - 257 (1971)

SPÄNGLER, H.: Arch. orthop. Unfallchir. 54, 417 (1962)

STRINGA, G.: Studies of the vascularisation of bone grafts. J. Bone It. Surg. 39-B, 395 - 420 (1957)

TAUSCH, W. u. K. HENKERT: Ein Beit rag zum Problem der Reosteosynthesen langer Röhrenknochen. Beitr. Orthop. u. Traumatol. 24 (1977) H. 9

TERBRÜGGEN, D., H. AL HADDAD u. W. WILLENEGGER: Die Indikationen beider Humer us-Schaftfraktur als umfassendes Problem. Sonderdruck "Hefte zur Unfallheilkunde" 129 (1977)

TUNCAY, R.: Z. orthop. 103 (1967) 333

VERBEEK, O. u. DUBBELMANN, C.P.: Pseudarthrosis of the long bones North-Holland Publishing Company Amsterdam 1961

VOORHOEVE, A. u. H.O. STERNEMANN: Ursachen und Behandlung nicht infizierter Falschgelenke des Oberarmschaftes. Arch. orthop. Unfall-Chir. 74, 317 - 328 (1973)

WEBER, U., V.M. BECERRA-Urtiaga, E. GROSS: Die Transplantation periostegedeckter kortikospongiöser Knochenspäne zur Behandlung von Frakturen und Pseudarthrosen langer Röhrenknochen. Sonderdruck aus "Zeitschrift f. Orthop. u. ihre Grenzgebiete" 116 Heft 1 (1978)

WEBER, B.G. u. O. CECH: Pseudarthrosen Verlag Hans Huber Berlin - Stuttgart - Wien (1973)

WELLER, S.: Zur Behandlung der Pseudarthrosen im Bereich der oberen Extremitäten. Hefte zur Unfallheilk. 94, 54 (1967)

Ders.: Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen. Chirurg 38, 445 - 448 (1967)

WELLER, S. u. F. SCHAUWECKER: Für und wider die Indikation zur Drahtumschlingung bei Schaftbrüchen. Actuelle Traumatol. 1 , 45 - 46 (1971)

WITT, A.N.: Wandlungen in der Behandlung der verzögerten Kallusbildungen und der Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen. Verh. dtsch. orthop. Ges. 5o, (1962) Beih. 2. Orthop. 97, 313 (1963)

Ders.: Die Behandlung der Pseudarthrose Verlag Walter de Gruyter u. Co. Berlin, 1952

ZEILER, G.: Korrekturosteotomien am Arm Orthopädie 6, 121 - 144 (1977)

ZENKER, R.: Zur operativen Behandlung traumatischer Pseudarthrosen. Deutsch. Med. Wochensche. 72, 439 - 441 (1947)

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. S. Weller für die freundliche Unterstützung und für die Übernahme des Referates.

Herrn Oberarzt Dr. U. Pfister danke ich herzlich für die Anregung und Vergabe der Arbeit, seine Beratung in wissenschaftlichen Fragen sowie für die Durchsicht und Korrektur.

Herrn Prof. Dr. G. Clauberg, Chefarzt der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen, der mir durch sein Verständnis für diese Arbeit sehr geholfen hat, sage ich meinen besten Dank.

Lebenslauf

Am 22. August 1948 wurde ich, Claudia Kruck, als Tochter des cand med. dent. Josef Kruck und seiner Ehefrau Käthe, geb. Langhans, in Rollshausen Kreis Duderstadt geboren.

Nach dem Besuch der Vilksschule von 1954 bis 1958 trat ich in das Neusprachliche Gymnasium für Mädchen in Duderstadt ein, an dem ich im Juni 1967 die Reifeprüfung ablegte.

Von 1968 bis 1970 Studium der Psychologie an der Eberhard–Karls–Universität zu Tübingen.

Mein Medizinstudium begann ich im Sommersemester 1970 in Tübingen und bestand im September 1972 die ärztliche Vorprüfung. Am 19. Januar 1976 schloß ich mein Studium mit Absolvierung des humanmedizinischen Staatsexamens ab.

Die Medizinalassistentenzeit begann ich im März 1976 an der Medizinischen Universitätsklinik Tübingen. Von Juli bis August 1976 war ich in der Abteilung für Kinder- und Jugendpsychiatrie des Zentrums für Psychiatrie und Neurologie der Universität Tübingen und von September 1976 bis März 1977 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen tätig.

Nach Erhalt der Approbation arbeitete ich zunächst als Assistenzärztin bei Prof. Dr. G. Clauberg, Chefarzt der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen.

Seit dem 1. März 1980 bin ich im Rahmen meiner Weiterbildung zum Facharzt für Anästhesie und Intensivmedizin am Zentralinstitut für Anästhesiologie der Universität Tübingen (Direktor: Prof. Dr. R. Schorer) angestellt.